

в размерах, морфологии первичных частиц и температурах распада структуры ванаалита в зависимости от его катионной формы с несомненностью указывает на важную роль этих катионов в обеспечении связей между первичными частицами и в построении всей структуры минерала.

Таким образом, гидратные слои и обменные сорбированные катионы являются важными составными элементами структуры исследованных минералов. При этом обменные катионы должны закономерно в определенных соотношениях входить в структуру алюмованадатов. В описанных алюмованадатах, по-видимому, имеет место гетеровалентный изоморфизм, при котором наряду с пентавалентным ванадием в структуру одновременно входят ионы четырехвалентного ванадия и в том же эквиваленте обменные катионы (обычно Na и Ca).

Литература

Анкинович Е. А. (1962). Новый ванадиевый минерал — ванаалит. Зап. Всесоюз. минер. общ., ч. 91, вып. 2.

Анкинович Е. А. (1963). Новые данные о штейгерите из Южного Казахстана. В сб.: Вопр. минералогии и геохимии месторождений Казахстана. Изд. АН КазССР.

Грицаенко Г. С., Б. Б. Звягин, Р. В. Боярская, А. И. Горшков, И. Д. Самостойн, К. Е. Фролова. (1969). Методы электронной микроскопии минералов. Изд. «Наука».

Звягин Б. Б. (1964). Электронография и структурная кристаллография глинистых минералов. Изд. «Наука».

Курмакаева Ф. А. (1970). Изучение предварительно прогретых тонкодисперсных алюмованадатов методом реплик. В сб.: Матер. Всесоюз. симпоз. по изучению и использованию глин и глинистых минералов. Изд. «Наука». Алма-Ата.

Пинскер З. Г., Б. К. Вайнштейн. (1954). Прецизионные измерения периодов решетки. Тр. Инст. кристаллографии АН СССР, № 9.

Эйриш М. В. (1964). О природе сорбционного состояния катионов и воды в монтмориллоните. Коллоидный ж., т. 26, вып. 5.

Eirish M. V., L. U. Tret'yakova. (1970). The role of sorptive layers in the formation and change of the montmorillonite crystals structure. Clay Miner., v. 8, № 3.

Henderson E. R. (1935). Steigerite, a new vanadium mineral. Amer. Miner., v. 20.

Ross M. (1959) Mineralogical applications of electron diffraction. II. Studies of some vanadium minerals the Colorado Plateau. Amer. Miner., v. 44, № 3—4.

Институт геологических наук
АН КазССР, г. Алма-Ата.

УДК 543.422.8 : 549.1

Д. чл. Ф. А. Курмакаева

ИЗУЧЕНИЕ ВАНАЛИТА МЕТОДАМИ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ И РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

Ванаалит был открыт и описан Е. А. Анкинович (1962) в ванадиеносном горизонте Каратау. Эмпирическая формула минерала — $\text{NaAl}_8\text{V}_{15}\text{O}_{38} \cdot 3\text{OH}_2\text{O}$. Цвет яично-желтый, твердость не установлена из-за тонкодисперсности; удельный вес, определенный гидростатическим взвешиванием в спирте, 2.2—2.3. Цель настоящей работы — определить характер спайности, сингонии и параметры элементарной ячейки ванаалита.

Минерал изучался на электронном микроскопе УЭМВ-100 методами суспензий, реплик (Грицаенко и др., 1961) и микродифракции (Звягин, 1964). Для ультразвукового диспергирования суспензий использовалась установка УЗДН-1.

На электронных микрофотографиях суспензий (рис. 1) видно, что кристаллиты минерала (параллелограммы и их обломки) имеют пластинчатую форму. На рис. 2 приведены электронные микрофотографии платино-угольных реплик с частиц вана-

лита. В зависимости от расположения частиц спайность проявляется по-разному: в виде резко очерченных полос и выколов.

С помощью метода микродифракции удалось определить не только параметры кристаллической решетки, но и направления спайности. На рис. 3 приведены геометри-

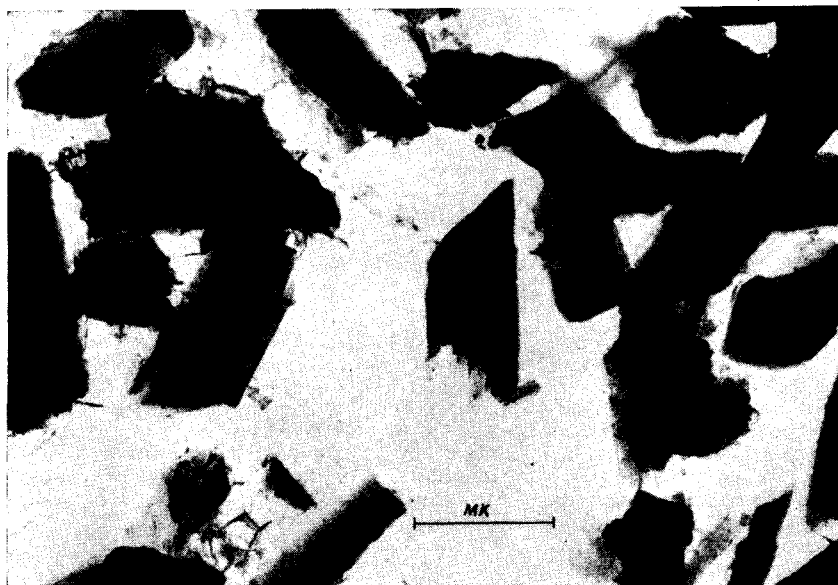


Рис. 1. Электронная микрофотография суспензии ванадата.

ческая схема расположения точечных рефлексов, индексы и направления выбранных осей. Выбор осей производится в согласии с симметрией данной сетки по установленным в кристаллографии правилам (Белов, 1951). Прimitивная элементарная ячейка

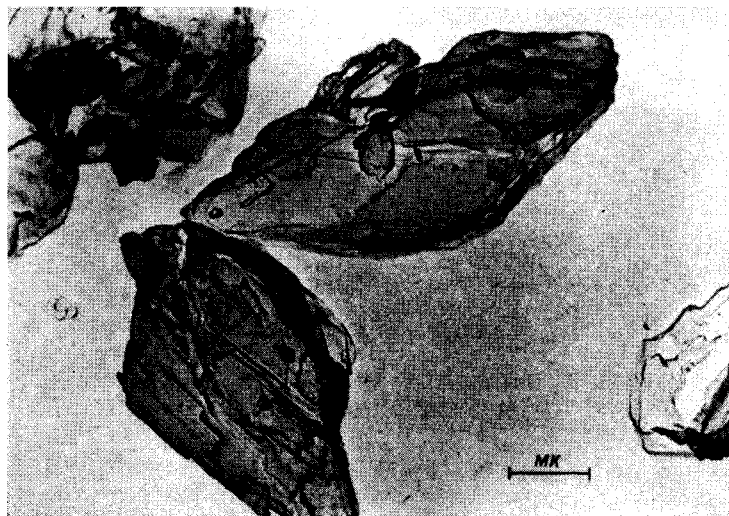


Рис. 2. Электронная микрофотография платино-угольной реплики с частиц ванадата.

имеет угол $\beta^* = 84^\circ 30'$, т. е. может быть триклинной или моноклинной. Большой параметр обозначим a , а другой — c . Значения параметров ($a = 12.591 \pm 0.022$, $c = 10.923 \pm 0.013 \text{ \AA}$, $\beta = 95^\circ 30' \pm 20'$) были вычислены по микродифракционным

картинам с внутренним Al стандартом (Пинскер, Вайнштейн, 1954). В соответствии с таким обозначением можно сказать, что кристаллиты ванадата ориентируются на подложку плоскостью (010). На электронных микрофотографиях реплик также видно, что частицы минерала сложены тонкими пластинками и что при диспергировании минерал разбивается по этим плоскостям спайности. Так как микродифракционная картина кристаллитов ванадата всегда одна и та же, то спайность по (010) является совершенной. Из сравнения каждой микродифракционной картины с соответствующим ей кристаллитом видно, что по направлению удлинения (100) также существует спайность.

Просмотр большого количества электронных микрофотографий показал, что углы кристаллитов имеют различные значения. На рис. 4 приведена кривая распределения углов кристаллитов, построенная по данным 350 замеров. Точность измерения углов равна $\pm 30'$. По оси ординат отложено число кристаллитов с одинаковыми углами, а по оси абсцисс — значение угла. Появление углов в 37, 44, 47 и 50° можно объяснить существованием спайности по направлениям (101) и (10 $\bar{1}$), как показано на схеме элементарной ячейки ванадата (рис. 5).

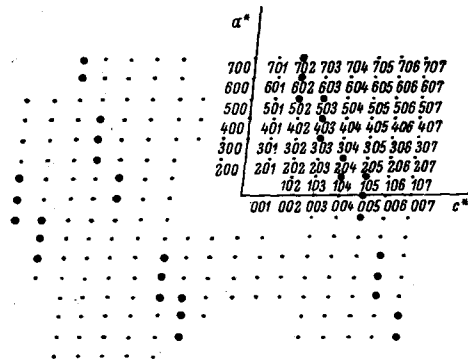


Рис. 3. Геометрическая схема расположения точечных рефлексов.

Межплоскостные расстояния и интенсивности ванадата

I	d _{экспер.}	d _{теор.}	hkl	I	d _{экспер.}	d _{теор.}	hkl	I	d _{экспер.}	d _{теор.}	hkl
100	10.70	10.78	010	18	2.620	2.616	30 $\bar{3}$	2	1.789	1.786	206
42	8.52	8.63	101			2.626	22 $\bar{3}$			1.790	700
37	7.90	7.85	101	3	2.576	2.574	421			1.791	244
30	6.33	6.27	200			2.585	204	3	1.773	1.769	106
		6.33	11 $\bar{1}$	9	2.529	2.524	133			1.771	542
30	5.34	5.22	201			2.534	412, 323	4	1.737	1.737	514
		5.35	020			2.532	141			1.739	604, 603
15	4.12	4.17	300	5	2.466	2.459	133			1.740	701
15	4.01	4.00	212	3	2.356	2.350	32 $\bar{3}$			1.741	235
		4.03	301			2.351	214	3	1.685	1.680	126, 444, 543
5	3.798	3.780	30 $\bar{1}$			2.364	502			1.689	415, 145
3	3.720	3.719	122	5	2.296	2.302	233	3	1.657	1.654	702, 624, 623
		3.735	22 $\bar{1}$	27	2.252	2.258	42 $\bar{3}$			1.658	435
3	3.660	3.684	212			2.262	521			1.660	245
12	3.578	3.572	122	5	2.090	2.086	423	3	1.636	1.638	406
		3.568	030			2.089	600, 601			1.641	326
3	3.398	3.390	113			2.094	234	3	1.619	1.618	226
		3.395	103	7	1.963	1.962	404, 215, 125			1.619	416
30	3.308	3.297	131			1.969	225, 532			1.620	136
		3.308	312	9	1.897	1.889	603	3	1.559	1.554	535, 007
3	3.236	3.236	113			1.890	602			1.559	107
		3.248	131	4	1.868	1.866	144			1.563	634, 633
18	3.123	3.132	400			1.868	442	21	1.518	1.519	625, 624
		3.133	213			1.870	225, 343	4	1.408	1.406	506
6	3.050	3.039	312			1.871	532			1.412	307
10	2.976	2.969	411			1.872	405	8	1.328	1.327	118
		2.971	123	3	1.824	1.821	235			1.330	308
10	2.938	2.936	401, 132			1.822	524				
3	2.841	2.832	411			1.823	443				
		2.834	402			1.825	541				

Примечание Условия съемки: дифрактометр УРС-50 ИМ, $\text{CuK}\alpha$ излучение, 35 кв, 10 ма.

Таким образом, сочетание метода микродифракции с электронномикроскопическим позволило установить, что кристаллиты ваналита имеют 4 направления спайности: (010), (100), (101) и (10 $\bar{1}$).

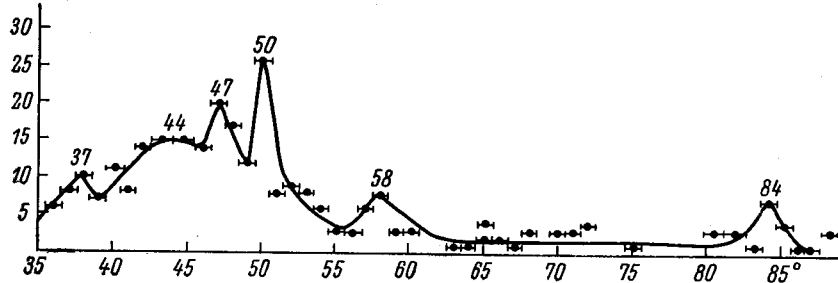


Рис. 4. Кривая распределения углов кристаллитов ваналита.

Для определения значения параметра b была использована методика, применяемая при определении параметра c на дифрактометре для глинистых минералов (Рентгеновские методы. . . , 1965). Так как для ваналита базальными будут отражения типа (0 k 0), то первый сильный рефлекс на дифрактограмме был принят за параметр $b=10.70 \pm 0.07 \text{ \AA}$.

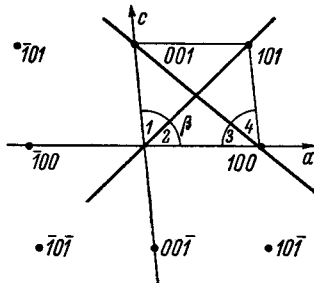


Рис. 5. Схема элементарной ячейки с диагональными плоскостями спайности.

Углы 1, 2, 3 и 4 равны соответственно 50, 44, 37 и 47°.

Дифрактограмму ваналита удалось проиндицировать (Миркин, 1961), считая ячейку моноклинной, со значениями параметров, определенными по микродифракционным картинкам и из дифрактограммы. В таблице приведены значения межплоскостных расстояний (экспериментальные и теоретические), индексов (hkl) и относительных интенсивностей. Так как дифрактограмма проиндицировалась хорошо, то можно считать, что принятая примитивная ячейка действительно является моноклинной. Число формульных единиц в ячейке z равно единице.

Из симметрии микродифракционной картины и значений индексов (hkl), которые присутствуют все на дифрактограмме, можно сделать вывод, что ваналит имеет пространственную группу $P2/m$, $P2$ или Pm .

Автор выражает глубокую благодарность Е. А. Анкинович за предоставление образцов ваналита, а также А. П. Яровому и В. Б. Макарову за большую помощь в проведении исследований на электронном микроскопе и дифрактометре.

Литература

- Анкинович Е. А. (1962). Новый ванадиевый минерал — ваналит. Зап. Всесоюз. минер. общ., вып. 2, ч. 91.
 Белов Н. В. (1951). Структурная кристаллография. Изд. АН СССР.
 Грицаенко Г. С., Е. С. Рудницкая, А. И. Горшков. (1961). Электронная микроскопия минералов. Изд. АН СССР.
 Звягин Б. Б. (1964). Электронография и структурная кристаллография глинистых минералов. Изд. «Наука».
 Миркин Л. И. (1961). Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. Физматгиз.
 Пинскер З. Г., Б. К. Вайнштейн. (1954). Прецизионные измерения периодов решетки. Тр. Инст. кристаллографии АН СССР, вып. 9.
 Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов. (1965). Изд. «Мир».

Институт геологических наук
 АН КазССР,
 г. Алма-Ата.